

TRANSLATOR'S DECLARATION

I, CHRISTA SCHAERTEL, declare and say:

1. That I reside at 413 South Fayette Street, Alexandria, Virginia 22314;

2. That I am thoroughly familiar with the German, French and English languages, holding Translator's and Interpreter's Diplomas from the Institute of Interpreting and Foreign Languages, Goettingen, Germany, and the Chamber of Industry and Commerce of Wiesbaden, Germany;

3. That I translated German Patent Application 199 48 797.9 with the title

SUBSTRATE HOLDER AND USE OF THE SUBSTRATE HOLDER IN A HIGHLY  
ACCURATE MEASURING INSTRUMENT

written in the German language; and

That the attached is a correct English translation of the above-mentioned German-language document to the best of my knowledge and belief.

  
Christa Schaertel

Date: December 14 , 2005

FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY

Certificate of Priority Concerning  
the Filing of a Patent Application

File Number: 199 48 797.9  
Filing Date: October 11, 1999  
  
Applicant/Holder: Leica Microsysteme Wetzlar GmbH,  
Wetzlar/DE  
  
Title: Substrate Holder and Use of the  
Substrate Holder in a Highly  
Accurate Measuring Instrument  
  
IPC: G 12 B and B 01 B

The attached items are correct and accurate copies of the  
original documents of this patent application.

(Seal) München, September 18, 2003  
German Patent and Trademark Office  
The President  
By Order:  
(Signature)  
Wallner

## SUBSTRATE HOLDER AND USE OF THE SUBSTRATE HOLDER IN A HIGHLY ACCURATE MEASURING INSTRUMENT

The invention concerns a substrate holder and the use of the substrate holder according to the invention in a highly accurate measuring instrument. In particular, the invention concerns a substrate holder which is configured in such a manner that it is suitable for a defined support of a substrate and thereby contributes to increasing the measuring accuracy of the highly accurate measuring instrument.

From U.S. Patent Document US-A-5,671,054, a method and an apparatus for determining the position of patterns on substrates is known, which substrates have a specific thickness. The substrate is placed onto a measuring table which, in order to support the substrate, has three defined point-like support elements. The thickness of the substrate is determined using a reference substrate which is measured first. Then the substrate provided for the measurement is measured. A data processing element then calculates the corresponding thickness differences from the differences between the reference substrate and the substrate to be measured, and incorporates them into the calculation for further determination of the position of the pattern. This arrangement has a considerable disadvantage, however, in that it is not very flexible since only fixed mask

sizes can be used or measured in this case. Furthermore, it is problematic that, if masks of different thicknesses need to be measured, focal plane changes and is no longer located exactly on the surface of the substrate.

A substrate holder is also known from the article "Advanced Mask Metrology System for up to 4 Gbit DRAM", published in SPIE, Vol. 3096-0277-786X/97, Pages 433-444. Here a universal substrate holder is introduced which has the support points or support elements correspondingly arranged on the substrate holder surface in accordance with the various sizes of the used substrate types. The support elements are configured such that they differ in height. Thus, the support elements for the substrates with smaller dimensions are not as high as the support elements for substrates with larger dimensions. A disadvantage of this substrate holder is that it is not suitable for transmitted light.

It is therefore an object of the present invention to create a substrate holder which is suitable for measuring with transmitted light and provides a defined support for the substrates.

According to the invention, this object is achieved by a substrate holder of a substrate, which comprises

- a) a one-piece frame having a flat top side,
- b) an opening having a peripheral rim which is configured in the substrate holder, and
- c) three support elements which are shaped out on the peripheral rim of the opening, on which spheres are mounted on which the substrate rests, and the distance from the top side of the sphere to the flat top side of the substrate holder corresponds to the standard thickness of the substrate type being used.

It is a further object of the invention to use the substrate holder in a highly accurate measurement system by which substrates can be measured in transmitted light; and that the substrate holders to be used for this purpose provide a defined support for the substrates, and for the determination of the thickness deviation of a substrate from a defined standard thickness.

This object is achieved in that the substrate holder is suitable for determining the deviation from the standard thickness in the case of substrates of one type, and is used in a highly accurate measuring instrument.

The substrate holder according to the invention and the use

according to the invention of the substrate holder respectively permit a measuring of the substrate in both, reflected light as well as transmitted light. The substrate holders are configured such that all surfaces of the substrates to be measured are situated at the same height. This height is defined such that the surfaces of the substrates are situated in the Abbe plane, which minimizes the Abbe error. The substrate holders are configured as frames in which an opening is defined which is delimited by a peripheral rim. Support elements, on which point supports are configured, are provided on the peripheral rim of the opening. In a preferred embodiment, three support points are distributed correspondingly along the peripheral rim of the opening. The three-point support results in an exact calculation of the mask deflection, which permits an exact calculation and correction of the position data. The substrate holders are configured such that a different substrate holder is used for each substrate type. The outside dimensions of each substrate holder are the same. The difference arises from the fact that, in the substrate holders, the defined openings are correspondingly based on the size of the used substrate type. The support elements and the point supports thereby provided are arranged on the peripheral rim of the openings such that the flat top side of the substrate holder is aligned with the top side of the substrate. Small deviations from the standard thickness of a substrate type can be corrected in that first the lens system of

the measuring instrument is focussed on the surface of the substrate and subsequently on the flat top side of the substrate holder. From the difference of the focal positions, a thickness deviation of the substrate can then be determined which is subsequently incorporated in the exact calculation of the mask deflection. A code allowing individual processing of the substrate holder by the measurement and correction software can also be mounted on the substrate holder. Long-term monitoring (drift monitoring and optionally also drift correction) is made possible by integrated reference points. In addition, the substrate holders can be configured such that the total weight of the substrate holder and the substrate placed thereon is always approximately the same for the various substrate types. Distortions and deformations at the X/Y carriage and at the mirror body can thereby be kept constant to a first approximation. For this purpose, corresponding programs which correct these constant external influences are provided in a calculation unit of the measuring instrument.

An embodiment of the invention will be explained in detail in the following with reference to the drawings.

Figure 1 is a schematic lateral view of the measuring instrument;

Figure 2 is a perspective view of the substrate, the substrate holder and the mirror body of the X/Y carriage;

Figure 3 is a top view of the substrate holder;

Figure 4 is a lateral view of the substrate holder for illustrating the position of the support elements;

Figure 5 is a detailed view of the area marked "X" in Figure 3; and

Figure 6 is a detailed view of the area marked "Y" in Figure 4.

The highly accurate measuring instrument 100 illustrated in Figure 1 consists of a granite block 1 which is mounted in a vibration-damped fashion on bases 2, 3. An X/Y carriage (not visible in this view) is configured on the granite block 1, which carriage is slidably displaceable on air bearings 5, 6 in two directions indicated by arrows. A mirror body 4 is placed on the X/Y carriage and is advantageously made of a glass-ceramic material with a low coefficient of thermal expansion. Naturally, also other materials can be used which possess thermal expansion properties appropriate for the accuracy of the measuring instrument. The drive systems for the X/Y carriage are not



shown. The positions of the X/Y carriage and the mirror body 4 respectively are measured in the X and Y directions by means of a laser interferometer system 7.

A substrate holder 8 with the substrate (not shown) is placed into the mirror body 4 of the X/Y carriage. The substrate consists, for example, of quartz glass. Structures 9 are placed on the substrate surface. Since the mirror body of the X/Y carriage 4 is constructed as a frame, the substrate can also be illuminated from below. For opaque substrates, an illumination with incident light can then be used. The further description is limited to the illumination of light-transmitting substrates. This should not be considered to be a limitation of the protective scope of the application.

An imaging system 10 of high optical quality is situated above the substrate and can be adjusted for the focussing along its optical axis 11 in the Z direction. By way of a beam splitting mirror 12, on the one hand, the light of a light source 13 is introduced into the optical beam path and, on the other hand, the imaging rays are directed to a detector device 14. The detector device 14 is, for example, a CCD camera having a high-resolution pixel array. The light source 13 emits in the near UV spectral region. Another illumination device is inserted in the granite block 1 and consists of a vertically adjustable condenser

15 and of a light source 16. The exit surface of an optical waveguide can also be provided as a light source 16. The optical axis of the condenser 15 is aligned with the optical axis 11 of the imaging system 10. The purpose of the vertical adjustment of the condenser 15 with the light source 16 is to adapt the illumination rays to be directed onto the structures 9 to different optical thicknesses of the substrates. The condenser head can, in particular, extend into the open portion of the frame of the X/Y carriage 4.

In a perspective view, Figure 2 shows the spatial relationship between the mirror body 4 of the X/Y carriage, the substrate holder 8 and the substrate. An opening 4a is shaped out in the mirror body 4. A rim 22 is configured around the opening 4a. Multiple orifices 24, through which spacer pins 26 are inserted, are provided in the rim 22. Spacer pins 26 each carry a spherical element 28 at one end. In the preferred embodiment, orifices 34 (three in number) are distributed on the rim 22 in such a manner that they lie on the vertices of an equilateral triangle. The substrate holder 8 is set into the mirror body 4 and comes to rest on the spherical roundings 28 of the spacer pins 26. In the embodiment illustrated in Figure 2, a type of substrate holder is shown which is suitable for receiving a substrate 20 of one type. The substrate holders 8 for different substrate types have the same outside dimensions and differ only

in the shape of an opening 30 which is shaped out in the substrate holder 8. The opening 30 in the substrate holder 8 is configured in accordance with the size and the type of the substrates 20 to be examined. The opening 30 of the substrate holder 8 defines a peripheral rim 32 on which support elements for the substrates 20 are shaped out. The substrate comes to rest on the support elements such that the substrate underside is also freely accessible.

Figure 3 is a top view of the substrate holder 8 according to the invention. Several support elements 34 are shaped out on the peripheral rim 32 of the opening 30. The circle marked with the reference symbol "X" in Figure 3 is shown as a detail in Figure 5. Two further openings 36 which provide guidance during the transport are provided in the substrate holder 8. In the present embodiment, three support elements 34 are configured on the peripheral rim 32 of the opening 30. The support elements 34 are arranged such that they are situated at the vertices of an imaginary equilateral triangle. The substrate holder 8 defines a top side 42 on which a code 38 is provided. In addition to the code, reference marks 40 can be provided on the top side 42. The code 38 can provide, for example, a type identification of the substrate holder 8. The type identification can be provided in the form of a dot code, a dot matrix, a bar code or a readable legend. The reference marks can be used for long-term monitoring

in the context of drift monitoring and drift correction. Several reflective elements 35 are also mounted on the peripheral rim 32 of the opening 30 and extend from the rim 32 approximately into the opening 30. These reflective elements 35 are used for determining the centrality of the substrate 20 placed in the substrate holder 8.

Figure 4 is a lateral view of the substrate holder 8, portions of the substrate holder having been omitted in order to allow a better view of the configuration of the support elements 34. The circle marked "Y" in Figure 4 is illustrated in an enlarged fashion as a detail view in Figure 6. The support elements 34 are configured in the form of lugs or projections on the peripheral rim 32 of the opening 30.

Figure 5 is a detail view of the region from Figure 3. The support elements 34 are configured on the peripheral rim 32 of the opening 30. The support elements 34 are situated lower than the flat top side 42 of the substrate holder 8. In the region of the support element 34, the peripheral rim 32 is provided with a bevel 44 which thus facilitates the placement of a substrate 20 into the opening 30 of the substrate holder 8. The support element 34 also defines a flat top side 46. A spherical jewel 48 is placed in the flat top side 46, on which spherical jewel 48 the substrate 8 comes to rest with a small peripheral area.

Figure 6 is a detail view from Figure 4. From the flat top side 42 of the substrate holder 8, the bevel 44 of the peripheral rim 32 leads, in the region of the support element 34, to a limit stop edge 52 which, in turn, ends on the flat top side 48 of the support element 34. A circular depression 50 into which a spherical jewel (not shown) is inserted is configured in the flat top side 46 of the support element 34. As indicated in Figure 5, the spherical jewels form the support points for the substrate 20 inserted into the substrate holder 8. The distance of the top side of the spherical jewel 48 to the flat top side 42 of the substrate holder is designed such that it essentially corresponds to the standard thickness of the substrate type matching the substrate holder 8. The term "essentially to the standard thickness" means that the distance corresponds to the standard thickness plus the thickness variation defined by the standard. The standard to be used for the substrates 20 is the SEMI Standard (SEMI P1-92 8 SEMI, 1981, 1999).

The present invention was described with reference to embodiments but it is obvious to any person skilled in the art that modifications and variations can be made without thereby leaving the range of protection of the claims below.

## List of Parts

- 1 Granite block
- 2 base
- 3 base
- 4 mirror body
- 5 air bearing
- 6 air bearing
- 7 laser interferometer
- 8 substrate
- 9 structures
- 10 imaging system
- 11 optical axis
- 12 beam splitter mirror
- 13 light source
- 14 detector device
- 15 vertically adjustable condenser
- 16 light source
- 20 substrate
- 22 rim
- 24 opening
- 26 spacer pin
- 28 spherical rounding
- 30 opening
- 32 peripheral rim

34 support element  
35 reflective elements  
36 further openings  
38 code  
40 reference marks  
42 flat top side  
44 bevel  
46 flat top side  
48 spherical jewel  
50 circular depression  
52 limit stop edge  
100 measuring instrument

CLAIMS:

1. A substrate holder (8) of a substrate (20) comprises
  - a) a one-piece frame having a flat top side (42),
  - b) an opening (30) having a peripheral rim (32) that is configured in the substrate holder, and
  - c) three support elements (34) which are shaped out on the peripheral rim (32) of the opening (34)(30?), on which spheres are mounted on which the substrate (20) rests, and the distance from the top side of the sphere to the flat top side (42) of the substrate holder (8) corresponds essentially to the standard thickness of the substrate type being used.
2. Substrate holder according to Claim 1, characterized in that the size of the opening (30) in the substrate holder (8) corresponds in each case essentially to the size of the substrate type being used.
3. Substrate holder according to Claim 1, characterized in that the sphere provided on the support element (34) is a spherical jewel (48) which constitutes a point-like support for the substrate (20).
4. Substrate holder according to Claim 3, characterized in that the point-like supports are arranged on the



peripheral rim (32) of the opening (30) such that the point-like supports form the vertices of an equilateral triangle.

5. Substrate holder according to Claim 1, characterized in that reflective elements (35) are mounted on the peripheral rim (32) of the substrate holder (8) such that they extend into the opening (34) (30?) of the substrate holder (8).

6. Substrate holder according to Claim 1, characterized in that the outside dimensions of the substrate holder (20) are the same for all substrate types, and the opening (30) is configured with respect to the size of the substrate type being used.

7. Substrate holder according to Claim 1, characterized in that a code (38) is provided on the flat top side (42) of the substrate holder (8).

8. Substrate holder according to Claim 7, characterized in that the code (38) is a dot code, a dot matrix, a bar code, or a readable legend.

9. Substrate holder according to Claim 1, characterized in that at least one reference mark (40) is provided on the flat top side (42) of the substrate holder (8).

10. Substrate holder according to Claim 1, characterized in that the substrate holder (8) can be inserted into the mirror body (4) of the X/Y carriage, an opening being defined in the mirror body (4) around which a rim (22) is provided on which several spacer pins (26) having a spherical rounding (28) are mounted, so that the substrate holder (8) rests on the spherical roundings (28).

11. Substrate holder according to Claim 10, characterized in that the spacer pins (26) are distributed on the peripheral rim (22) of the mirror body (4) in such a manner that they are provided at the vertices of an equilateral triangle.

12. Use of the substrate holder in a highly accurate measuring instrument, characterized in that the substrate holder (8) is suitable for determining the deviation from the standard thickness for substrates of one type.

13. Use of the substrate holder (8) according to Claim 11, characterized in that the substrate holder consists of

- a) a one-piece frame having a flat top side (42),
- b) an opening (30) having a peripheral rim (32) that is configured in the substrate holder, and

c) three support elements (34) which are shaped out on the peripheral rim (32) of the opening (34) (30?), on which spheres are mounted on which the substrate (20) rests, and the distance from the top side of the sphere to the flat top side (42) of the substrate holder (8) corresponds essentially to the standard thickness of the substrate type being used.

14. Use of the substrate holder according to Claim 13, characterized in that the size of the opening (30) in the substrate holder (8) corresponds in each case essentially to the size of the substrate type being used.

15. Use of the substrate holder according to Claim 13, characterized in that the sphere provided on the support element (34) is a spherical jewel (48) which constitutes a point-like support for the substrate (20).

16. Use of the substrate holder according to Claim 15, characterized in that the point-like supports are arranged on the peripheral rim (32) of the opening (30) such that the point-like supports form the vertices of an equilateral triangle.

17. Use of the substrate holder according to Claim 13, characterized in that the outside dimensions of the substrate holder (20) are the same for all substrate types, and in that the

opening (30) is configured corresponding to the size of the substrate type being used.

18. Use of the substrate holder according to Claim 13, characterized in that a code (38) is provided on the flat top side (42) of the substrate holder (8).

19. Use of the substrate according to Claim 18, characterized in that the code (38) is a dot code, a dot matrix, a bar code, or a readable legend.

20. Use of the substrate holder according to Claim 13, characterized in that at least one reference mark (40) is provided on the flat top side (42) of the substrate holder (8).

21. Use of the substrate holder according to Claim 13, characterized in that the substrate holder (8) can be inserted into the mirror body (4) of the X/Y carriage, an opening being defined in the mirror body (4) around which a rim (22) is provided on which several spacer pins (26) having a spherical rounding (28) are mounted, so that the substrate holder (8) rests on the spherical roundings (28).

22. Use of the substrate holder according to Claim 21, characterized in that the spacer pins (26) are distributed on the

peripheral rim (22) of the mirror body (4) in such a manner that they are provided at the vertices of an equilateral triangle.

23. Method for determining the thickness deviation of a substrate from a predefined standard thickness, the method comprising the steps of

a) placing a substrate into an opening (30) of a substrate holder (8) provided for the substrate, which substrate holder (8) has a flat top side (42),

b) focussing on the surface of the substrate (20) and recording the focus position,

c) focussing on the flat top side (42) of the substrate holder (8) and recording to focus position, and

d) ascertaining the thickness deviation of the substrate (20) from the difference between the two focus positions.

24. Method according to Claim 23, characterized in that the ascertained thickness deviation of the substrate (20) from the standard thickness is stored in a memory provided therefor, of an electronic unit, and in that this thickness deviation can be retrieved from the electronic memory for later calculations.

25. Method according to Claim 23, characterized in that the type of the used substrate holder (8)

is determined by means of a code (38) which is provided on the flat top side (42) of the substrate holder (8).

26. Method according to Claim 23, characterized in that the substrate (20) is held in the opening (30) of the substrate holder (8) by support elements (34), a spherical jewel (48) on which the substrate (20) rests being provided on each of the support elements (34).

27. Method according to Claim 26, characterized in that the distance from the top side of the spherical jewel (48) to the flat top side (42) of the substrate holder (8) corresponds essentially to the standard thickness of the substrate type being used.

28. Method according to Claim 26, characterized in that the support elements (34) are arranged on the peripheral rim (32) of the opening (30) such that they are situated at the vertices of an equilateral triangle.

ABSTRACT:

The invention discloses a substrate holder (8) which is configured to receive a substrate (20) and can be utilized to determine the thickness deviation of a substrate from the standard thickness of a specific substrate type. The substrate holder (8) consists of a one-piece frame having a flat top side (42). An opening (30) which defines a peripheral rim (32) is provided in the substrate holder (8). Receiving (support?) elements (34) on which spheres are provided are shaped out on the peripheral rim (32) of the opening (30). A substrate (20) placed in the substrate holder (8) thus comes to rest on the top sides of the spheres. The receiving (support?) elements are arranged on the peripheral rim of the opening such (30) that they are situated at the vertices of an equilateral triangle. In addition, the distance from the top side of the sphere to the flat top side (42) of the substrate holder (8) is dimensioned such that this distance corresponds essentially to the standard thickness of the substrate being used.

Figure 2 is to be published.

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 199 48 797.9

**Anmeldetag:** 11. Oktober 1999

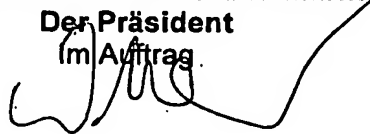
**Anmelder/Inhaber:** Leica Microsystems Wetzlar GmbH, Wetzlar/DE

**Bezeichnung:** Substrathalter und Verwendung des Substrathalters  
in einem hochgenauen Messgerät

**IPC:** G 12 B und B 01 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 18. September 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag



Wallner

A 9161  
03/00  
EDV-L



Substrathalter und Verwendung des Substrathalters  
in einem hochgenauen Messgerät

Die Erfindung betrifft einen Substrathalter und die Verwendung des erfindungsgemäßen Substrathalters in einem hochgenauen Messgerät. Im  
5 Besonderen betrifft die Erfindung einen Substrathalter, der derart ausgestaltet ist, dass er für eine definierte Auflage eines Substrats geeignet ist und dabei zur Erhöhung der Messgenauigkeit des hochgenauen Messgeräts beiträgt.

Aus der Patentschrift US-A-5,671,054 ist ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Bestimmen der Position von Mustern auf Substraten bekannt, die eine  
10 bestimmte Dicke aufweisen. Das Substrat wird dabei auf einen Messtisch aufgelegt, der zur Unterstützung des Substrats drei definierte punktförmige Unterstützungselemente aufweist. Zur Bestimmung der Dicke des Substrats wird ein Referenzsubstrat verwendet, das zuerst vermessen wird.

Anschließend wird das zur Messung vorgesehene Substrat vermessen. Ein  
15 Datenverarbeitungselement errechnet dann aus den Unterschieden zwischen Referenzsubstrat und zu vermessenden Substrat die entsprechenden Dickenunterschiede und bezieht diese für die weitere Positionsbestimmung des Musters in die Rechnung mit ein. Diese Anordnung hat jedoch einen erheblichen Nachteil darin, dass sie nicht sehr flexibel ist, da hier nur feste  
20 Maskengrößen verwendet bzw. vermessen werden können. Des Weiteren ist es problematisch, dass sich, falls Masken mit unterschiedlicher Maskendicke vermessen werden sollen, die Fokusebene ändert und nicht mehr exakt auf der Oberfläche des Substrats befindet.

Aus dem Artikel „Advanced Mask Metrology System for up to 4 Gbit DRAM“,  
25 veröffentlicht in SPIE, Vol. 3096-0277-786X/97 (Seiten 433-444), ist ebenfalls

ein Substrathalter bekannt. Hier wird ein universeller Substrathalter vorgestellt, der entsprechend der verschiedenen Größe der verwendeten Substrattypen die Auflagepunkte bzw. die Auflageelemente auf der Substrathalteroberfläche entsprechend angeordnet hat. Die Auflageelemente sind derart ausgestaltet, 5 dass sie sich in ihrer Höhe unterscheiden. So sind die Auflageelemente für die Substrate mit den kleineren Abmessungen nicht so hoch wie die Auflageelemente für Substrate mit größeren Abmessungen. Ein Nachteil dieses Substrathalters ist, dass er nicht für Durchlicht geeignet ist.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Substrathalter zu 10 schaffen, der für die Vermessung bei Durchlicht geeignet ist und dabei eine definierte Auflage für die Substrate bereitstellt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch einen Substrathalter eines Substrats, der

- a) einen einstückigen Rahmen mit flacher Oberseite
- 15 b) eine Aussparung mit einem umlaufenden Rand, die im Substrathalter ausgebildet ist, und
- c) drei Auflageelemente, die am umlaufenden Rand der Aussparung ausgeformt sind, auf denen Kugeln angebracht sind, auf denen das Substrat ruht, und der Abstand von der Oberseite der Kugel zur 20 flachen Oberseite des Substrathalters der Normdicke des verwendeten Substrattyps entspricht, umfasst.

Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, den Substrathalter in einem hochgenauen Messsystem zu verwenden, mit dem Substrate im Durchlicht vermessen werden können, und dass die dazu verwendeten Substrathalter für 25 die Substrate eine definierte Auflage zur Verfügung stellen, und zur Bestimmung der Dickenabweichung eines Substrats von einer vorgegebenen Normdicke.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, dass der Substrathalter zur Bestimmung der Abweichung von der Normdicke bei Substraten eines Typs geeignet ist 30 und in einem hochgenauen Messgerät verwendet wird.

Der erfindungsgemäße Substrathalter bzw. die erfindungsgemäße Verwendung des Substrathalters ermöglichen ein Vermessen der Substrate sowohl im Auflicht als auch im Durchlicht. Die Substrathalter sind dabei derart ausgestaltet, dass alle Oberflächen der zu vermessenden Substrate auf einer  
5 gleichen Höhe liegen. Diese Höhe ist derart festgelegt, dass die Oberflächen der Substrate in der Abbéschen Ebene liegen, was den Abbé-Fehler minimiert. Die Substrathalter sind als Rahmen ausgestaltet, in dem eine Aussparung definiert ist, die durch einen umlaufenden Rand begrenzt wird. Am umlaufenden Rand der Aussparung sind Auflageelemente vorgesehen, an  
10 denen Punktauflagen ausgebildet sind. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel sind drei Auflagepunkte entsprechend entlang des umlaufenden Randes der Aussparung verteilt. Durch die Dreipunktauflage ergibt sich eine exakte Berechnung der Maskendurchbiegung, was eine exakte Berechnung und Korrektur der Lagedaten ermöglicht. Die  
15 Substrathalter sind derart gestaltet, dass für jeden Substrattyp ein anderer Substrathalter verwendet wird. Dabei sind die Außenabmessungen eines jeden Substrathalters gleich. Der Unterschied ergibt sich daraus, dass in den Substrathaltern die definierten Aussparungen sich entsprechend nach der Größe des verwendeten Substrattyps richten. Die Auflageelemente bzw. die  
20 dadurch zur Verfügung gestellten Punktauflagen sind am umlaufenden Rand der Aussparungen derart angeordnet, dass die flache Oberseite des Substrathalters mit der Oberfläche des Substrats fluchtet. Kleine Abweichungen von der Normdicke eines Substrattyps können dadurch  
korrigiert werden, dass zuerst mit der Optik des Messgeräts auf die Oberfläche  
25 des Substrats fokussiert wird und anschließend auf die flache Oberseite des Substrathalters. Aus dem Unterschied der Fokuslagen kann dann eine Dickenabweichung des Substrats ermittelt werden, die anschließend in die exakte Berechnung der Maskendurchbiegung eingeht. Ferner kann am Substrathalter eine Codierung angebracht werden, die eine individuelle  
30 Behandlung der Substrathalter durch die Mess- und Korrektur-Software ermöglicht. Eine Langzeitüberwachung (Driftüberwachung und eventuell auch Driftkorrektur) wird durch integrierte Referenzpunkte ermöglicht. Hinzu kommt,

dass die Substrathalter derart gestaltet sein können, dass das Gesamtgewicht für Substrathalter und eingelegtes Substrat für die unterschiedlichen Substrattypen immer in etwa gleich ist. Dadurch können Verzerrungen und Deformationen am X/Y-Schlitten und am Spiegelkörper in erster Näherung konstant gehalten werden. Dazu sind entsprechende Programme in einer Recheneinheit des Messgeräts vorgesehen, die diese konstanten, externen Einflüsse korrigieren.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnungen näher erläutert.

10 Es zeigen:

Fig. 1: eine schematische Seitenansicht des Messgeräts,

Fig. 2 eine perspektivische Darstellung von Substrat, Substrathalter und Spiegelkörper des X/Y-Schlittens,

Fig. 3 eine Draufsicht auf den Substrathalter und

15 Fig. 4 eine Seitenansicht des Substrathalters zur Darstellung der Lage der Auflageelemente,

Fig. 5 eine Detailansicht des in Fig. 3 mit „X“ bezeichneten Bereichs und

Fig. 6 eine Detailansicht des in Fig. 4 mit „Y“ bezeichneten Bereichs.

Das in Fig. 1 dargestellte hochgenaue Messgerät 100 besteht aus einem  
20 Granitblock 1, der auf Füßen 2, 3 schwingungsgedämpft gelagert ist. Auf dem Granitblock 1 ist ein X/Y-Schlitten (in dieser Ansicht nicht zu sehen) ausgebildet, der auf Luftlagern 5, 6 in den zwei durch Pfeile angedeuteten Richtungen gleitend verschiebbar ist. Ein Spiegelkörper 4 ist auf dem X/Y-Schlitten aufgesetzt und besteht vorteilhafterweise aus einer Glaskeramik mit  
25 geringem thermischen Ausdehnungskoeffizienten. Selbstverständlich können auch andere Materialien verwendet werden, die eine entsprechend der Genauigkeit des Messgeräts angepasste Wärmeausdehnungseigenschaft besitzen. Die Antriebe für den X/Y-Schlitten sind nicht dargestellt. Die Position

des X/Y-Schlittens bzw. des Spiegelkörpers 4 wird mit einem Laserinterferometersystem 7 in X- und Y-Richtung gemessen.

In den Spiegelkörper 4 des X/Y-Schlittens ist ein Substrathalter 8 mit Substrat (nicht dargestellt) eingelegt. Das Substrat besteht z. B. aus Quarzglas. Auf der Substratoberfläche sind Strukturen 9 aufgebracht. Da der Spiegelkörper des X/Y-Schlittens 4 als Rahmen ausgebildet ist, kann das Substrat auch von unten her durchleuchtet werden. Bei nicht lichtdurchlässigen Substraten findet dann eine Beleuchtung mit Auflicht Anwendung. Die weitere Beschreibung beschränkt sich auf die Beleuchtung von lichtdurchlässigen Substraten. Dies soll in keiner Weise als eine Beschränkung des Schutzzumfangs der Anmeldung aufgefasst werden.

Oberhalb des Substrats befindet sich ein Abbildungssystem 10 hoher optischer Güte, das zur Fokussierung längs seiner optischen Achse 11 in Z-Richtung verstellbar ist. Über einen Teilerspiegel 12 wird zum einen das Licht einer Lichtquelle 13 in den optischen Strahlengang eingeleitet und zum anderen werden die Abbildungsstrahlen auf eine Detektoreinrichtung 14 gelenkt. Die Detektoreinrichtung 14 ist z. B. eine CCD-Kamera mit hochauflösendem Pixelarray. Die Lichtquelle 13 emittiert im nahen UV-Spektralbereich. In den Granitblock 1 ist eine weitere Beleuchtungseinrichtung eingesetzt, die aus einem höhenverstellbaren Kondensor 15 und einer Lichtquelle 16 besteht. Als Lichtquelle 16 kann auch die Austrittsfläche eines Lichtleiters vorgesehen sein. Die optische Achse des Kondensors 15 fluchtet mit der optischen Achse 11 des Abbildungssystems 10. Die Höhenverstellung des Kondensors 15 mit Lichtquelle 16 dient der Anpassung der auf die Strukturen 9 zu richtenden Beleuchtungsstrahlen an unterschiedliche optische Dicken der Substrate. Der Kondensorkopf kann insbesondere in den offenen Teil des Rahmens des X/Y-Schlittens 4 hineinreichen.

Fig. 2 zeigt in einer perspektivischen Darstellung, wie der Spiegelkörper 4 des X/Y-Schlittens, der Substrathalter 8 und das Substrat 20 im räumlichen Zusammenhang zueinander stehen. Im Spiegelkörper 4 ist eine Aussparung 4a ausgeformt. Um die Aussparung 4a herum ist ein Rand 22 ausgebildet. Im

- Rand 22 sind mehrere Bohrungen 24 vorgesehen, durch die hindurch Abstandsstifte 26 eingesetzt sind. An einem Ende tragen die Abstandsstifte 26 je ein kugelförmiges Element 28. In dem bevorzugten Ausführungsbeispiel sind die Bohrungen 24 (drei Stück) derart am Rand 22 verteilt, dass sie auf den Eckpunkten eines gleichschenkligen Dreiecks liegen. Der Substrathalter 8 wird in den Spiegelkörper 4 eingesetzt und kommt dabei auf den kugelförmigen Abrundungen 28 der Abstandsstifte 26 zu ruhen. In dem in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel ist ein Typ eines Substrathalters dargestellt, der für die Aufnahme eines Substrats 20 eines Typs geeignet ist.
- Die Substrathalter 8 für unterschiedliche Substrattypen besitzen gleiche Außenabmessungen und unterscheiden sich lediglich in der Form einer Aussparung 30, die im Substrathalter 8 ausgeformt ist. Entsprechend der Größe und des Typs der zu untersuchenden Substrate 20 ist die Aussparung 30 im Substrathalter 8 ausgebildet. Die Aussparung 30 des Substrathalters 8 definiert einen umlaufenden Rand 32, an dem Auflageelemente für das Substrat 20 ausgeformt sind. Das Substrat 20 kommt derart auf den Auflageelementen zu ruhen, dass die Substratunterseite ebenfalls frei zugänglich ist.
- Fig. 3 zeigt eine Draufsicht auf den erfindungsgemäßen Substrathalter 8. Am umlaufenden Rand 32 der Aussparung 30 sind mehrere Auflageelemente 34 ausgeformt. Der mit dem Bezugszeichen „X“ bezeichnete Kreis in Fig. 3 ist als Detaildarstellung in Fig. 5 dargestellt. Im Substrathalter 8 sind zwei weitere Aussparungen 36 vorgesehen, die zur Führung während des Transports dienen. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel sind drei Auflageelemente 34 am umlaufenden Rand 32 der Aussparung 30 ausgebildet. Die Auflageelemente 34 sind derart angeordnet, dass sie sich auf den Eckpunkten eines gedachten gleichschenkligen Dreiecks befinden. Der Substrathalter 8 definiert eine Oberseite 42, auf der eine Codierung 38 vorgesehen ist. Zusätzlich zur Codierung können auf der Oberseite 42 mehrere Referenzmarken 40 vorgesehen sein. Die Codierung 38 kann z. B. eine Typkennzeichnung des Substrathalters 8 vorsehen. Die Typkennzeichnung kann in Form eines Punktecodes, einer DOT-Matrix, eines Barcodes oder einer lesbaren Aufschrift

vorgesehen sein. Die Referenzmarken können zur Langzeitüberwachung hinsichtlich von Driftüberwachung und Driftkorrektur verwendet werden.

- 5 Ferner sind am umlaufenden Rand 32 der Aussparung 30 mehrere reflektierende Elemente 35 angebracht, die von Rand 32 in etwa in die Aussparung 30 hineinreichen. Diese reflektierenden Elemente 35 werden zur Bestimmung der Centrality des in den Substrathalter 8 eingelegten Substrats 20 verwendet.

- 10 Fig. 4 zeigt eine Seitenansicht des Substrathalters 8, wobei Teile des Substrathalters weggelassen sind, um einen besseren Einblick in die Ausgestaltung der Auflageelemente 34 zu erhalten. Der in Fig. 4 mit „Y“ bezeichnete Kreis ist in Fig. 6 in einer Detailansicht vergrößert dargestellt. Die Auflageelemente 34 sind in Form von Nasen bzw. Vorsprüngen am umlaufenden Rand 32 der Aussparung 30 ausgebildet.

- 15 Fig. 5 ist die Detailansicht des Bereichs aus Fig. 3. Am umlaufenden Rand 32 der Aussparung 30 sind die Auflageelemente 34 ausgebildet. Die Auflageelemente 34 liegen tiefer als die flache Oberseite 42 des Substrathalters 8. Im Bereich des Auflageelements 34 ist der umlaufende Rand 32 mit einer Abschrägung 44 versehen, die somit das Einlegen eines Substrats 20 in die Aussparung 30 des Substrathalters 8 erleichtert. Das Aufnahmeelement 34 definiert ebenfalls eine flache Oberseite 46. In der flachen Oberseite 46 ist eine Rubinkugel 48 eingesetzt, auf der das Substrat 8 mit einem kleinen Randbereich zu liegen kommt.

- 25 Fig. 6 zeigt die Detailansicht aus Fig. 4. Von der flachen Oberseite 42 des Substrathalters 8 führt die Abschrägung 44 des umlaufenden Randes 32 im Bereich des Aufnahmeelements 34 zu einer Anschlagkante 52, die ihrerseits auf der flachen Oberseite 46 des Auflageelements 34 endet. In der flachen Oberseite 46 des Auflageelements 34 ist eine kreisförmige Vertiefung 50 ausgebildet, in die eine Rubinkugel (nicht dargestellt) eingesetzt ist. Wie bereits in Fig. 5 erwähnt, bilden die Rubinkugeln die Auflagepunkte für das in den Substrathalter 8 eingesetzte Substrat 20. Der Abstand von der Oberseite der Rubinkugel 48 zur flachen Oberseite 42 des Substrathalters ist derart
- 30

ausgelegt, dass er im Wesentlichen der Normdicke des zum Substrathalter 8  
passenden Substrattyps entspricht. Der Ausdruck „im Wesentlichen der  
Normdicke“ bedeutet, dass der Abstand der Normdicke plus der durch die  
Norm festgelegten Dickenschwankung entspricht. Die für die Substrate 20  
5 heranzuziehende Norm (oder Standard) ist der SEMI-Standard (SEMI P1-92 ©  
SEMI, 1981, 1999).

Die vorliegende Erfindung ist in Bezug auf Ausführungsbeispiele beschrieben  
worden, es ist jedoch für jeden auf diesem Fachgebiet tätigen Fachmann  
offensichtlich, dass Änderungen und Abwandlungen vorgenommen werden  
10 können, ohne dabei den Schutzbereich der nachstehenden Ansprüche zu  
verlassen.



Teileliste

	1	Granitblock
	2	Fuß
	3	Fuß
5	4	Spiegelkörper
	5	Luftlager
	6	Luftlager
	7	Laserinterferometer
	8	Substrat
10	9	Strukturen
	10	Abbildungssystem
	11	optische Achse
	12	Teilerspiegel
	13	Lichtquelle
15	14	Detektoreinrichtung
	15	höhenverstellbarer Kondensor
	16	Lichtquelle
	20	Substrat
	22	Rand
20	24	Bohrung

	26	Abstandsstift
	28	kugelförmige Abrundung
	30	Aussparung
	32	umlaufender Rand
5	34	Auflageelement
	35	reflektierende Elemente
	36	weitere Aussparungen
	38	Codierung
	40	Referenzmarken
10	42	flache Oberseite
	44	Abschrägung
	46	flache Oberseite
	48	Rubinkugel
	50	kreisförmige Vertiefung
15	52	Anschlagskante
	100	Messgerät

Patentansprüche

- 5
- 10
- 15
- 20
1. Ein Substrathalter (8) eines Substrats (20) umfasst:
    - a) einen einstückigen Rahmen mit flacher Oberseite (42),
    - b) eine Aussparung (30) mit einem umlaufenden Rand (32), die im Substrathalter ausgebildet ist, und
    - c) drei Auflageelemente (34), die am umlaufenden Rand (32) der Aussparung (34) ausgeformt sind, auf denen Kugeln angebracht sind, auf denen das Substrat (20) ruht, und der Abstand von der Oberseite der Kugel zur flachen Oberseite (42) des Substrathalters (8) im Wesentlichen der Normdicke des verwendeten Substrattyps entspricht.
  2. Substrathalter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Größe der Aussparung (30) im Substrathalter (8) jeweils im Wesentlichen der Größe des verwendeten Subtrattyps entspricht.
  3. Substrathalter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die auf dem Auflageelement (34) vorgesehene Kugel eine Rubinkugel (48) ist, die für das Substrat (20) eine punktförmige Auflage darstellt.
  4. Substrathalter nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die punktförmigen Auflagen derart am umlaufenden Rand (32) der Aussparung (30) angeordnet sind, dass die punktförmigen Auflagen die Eckpunkte eines gleichschenkligen Dreiecks bilden.
  5. Substrathalter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass am umlaufenden Rand (32) des Substrathalters (8) reflektierende Elemente

(35) derart angebracht sind, dass diese in die Aussparung (34) des Substrathalters (8) hineinreichen.

- 5
6. Substrathalter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Außenabmessungen des Substrathalters (20) für alle Substrattypen gleich sind, und dass die Aussparung (30) bezüglich der Größe des verwendeten Substrattyps ausgestaltet ist.
- 10
7. Substrathalter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass auf der flachen Oberseite (42) des Substrathalters (8) eine Codierung (38) vorgesehen ist.
- 15
8. Substrathalter nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Codierung (38) ein Punktecode, eine DOT-Matrix, ein Barcode, oder eine lesbare Aufschrift umfasst.
9. Substrathalter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass auf der flachen Oberseite (42) des Substrathalters (8) mindestens eine Referenzmarke (40) vorgesehen ist.
- 20
10. Substrathalter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Substrathalter (8) in den Spiegelkörper (4) des X/Y-Schlittens einsetzbar ist, wobei im Spiegelkörper (4) eine Aussparung definiert ist, um die herum ein Rand (22) vorgesehen ist, auf dem mehrere Abstandsstifte (26) mit einer kugelförmigen Abrundung (28) angebracht sind, so dass der Substrathalter (8) auf den kugelförmigen Abrundungen (28) ruht.
- 25
11. Substrathalter nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Abstandsstifte (26) am umlaufenden Rand (22) des Spiegelkörpers (4) derart verteilt sind, dass sie auf den Eckpunkten eines gleichschenkligen Dreiecks vorgesehen sind.
12. Verwendung des Substrathalters in einem hochgenauen Messgerät, dadurch gekennzeichnet, dass der Substrathalter (8) zur Bestimmung der Abweichung von der Normdicke bei Substraten eines Typs geeignet ist.

13. Verwendung des Substrathalters (8) gemäß Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Substrathalter aus
- a) einem einstückigen Rahmen mit flacher Oberseite (42),
  - b) einer Aussparung (30) mit einem umlaufenden Rand (32), die im Substrathalter ausgebildet ist, und
  - c) drei Auflageelementen (34), die am umlaufenden Rand (32) der Aussparung (30) ausgeformt sind, auf denen Kugeln angebracht sind, auf denen das Substrat (20) ruht, und der Abstand von der Oberseite der Kugel zur flachen Oberseite (42) des Substrathalters (8) im Wesentlichen der Normdicke des verwendeten Substrattyps entspricht, besteht.
14. Verwendung des Substrathalters nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Größe der Aussparung (30) im Substrathalter (8) jeweils im Wesentlichen der Größe des verwendeten Substrattyps entspricht.
15. Verwendung des Substrathalters nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die auf dem Auflageelement (34) vorgesehene Kugel eine Rubinkugel (48) ist, die für das Substrat (20) eine punktförmige Auflage darstellt.
16. Verwendung des Substrathalters nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die punktförmigen Auflagen derart am umlaufenden Rand (32) der Aussparung (30) angeordnet sind, dass die punktförmigen Auflagen die Eckpunkte eines gleichschenkligen Dreiecks bilden.
17. Verwendung des Substrathalters nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Außenabmessungen des Substrathalters (20) für alle Substrattypen gleich sind, und dass die Aussparung (30) bezüglich der Größe des verwendeten Substrattyps ausgestaltet ist.

18. Verwendung des Substrathalters nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass auf der flachen Oberseite (42) des Substrathalters (8) eine Codierung (38) vorgesehen ist.
- 5 19. Verwendung des Substrathalters nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Codierung (38) ein Punktecode, eine DOT-Matrix, ein Barcode, oder eine lesbare Aufschrift umfasst.
20. Verwendung des Substrathalters nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass auf der flachen Oberseite (42) des Substrathalters (8) mindestens eine Referenzmarke (40) vorgesehen ist.
- 10 21. Verwendung des Substrathalters nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Substrathalter (8) in den Spiegelkörper (4) des X/Y-Schlittens einsetzbar ist, wobei im Spiegelkörper (4) eine Aussparung definiert ist, um die herum ein Rand (22) vorgesehen ist, auf dem mehrere
- 15 Abstandsstifte (26) mit einer kugelförmigen Abrundung (28) angebracht sind, so dass der Substrathalter (8) auf den kugelförmigen Abrundungen (28) ruht.
22. Verwendung des Substrathalters nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Abstandsstifte (26) am umlaufenden Rand (22) des Spiegelkörpers (4) derart verteilt sind, dass sie auf den Eckpunkten
- 20 eines gleichschenkligen Dreiecks vorgesehen sind.
23. Verfahren zur Bestimmung der Dickenabweichung eines Substrats von einer vorgegebenen Normdicke, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:
- 25 a) Einlegen eines Substrats in eine Aussparung (30) eines für das Substrat vorgesehenen Substrathalters (8), der eine flache Oberseite (42) aufweist,
- b) Fokussieren auf die Oberfläche des Substrats (20) und Registrieren der Fokusslage,
- 30 c) Fokussieren auf die flache Oberseite (42) des Substrathalters (8) und Registrieren der Fokusslage, und

d) Ermitteln der Dickenabweichung des Substrats (20) aus der Differenz der beiden Fokuslagen.

24. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass die  
ermittelte Dickenabweichung des Substrats (20) von der Normdicke in  
5 einen dafür vorgesehenen Speicher einer Elektronikeinheit abgelegt wird,  
und dass diese Dickenabweichung aus dem elektronischen Speicher für  
spätere Rechnungen abrufbar ist.
25. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass der Typ  
des verwendeten Substrathalters (8) mittels einer Codierung (38), die auf  
10 der flachen Oberseite (42) des Substrathalters (8) vorgesehen ist, ermittelt  
wird.
26. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass das  
Substrat (20) in der Aussparung (30) des Substrathalters (8) durch  
Auflageelemente (34) gehalten wird, wobei auf den Auflageelementen  
15 (34) jeweils eine Rubinkugel (48) vorgesehen ist, auf der das Substrat  
(20) ruht.
27. Verfahren nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass der  
Abstand von der Oberseite der Rubinkugel (48) zur flachen Oberseite (42)  
des Substrathalters (8) im Wesentlichen der Normdicke des verwendeten  
20 Substrattyps entspricht.
28. Verfahren nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass die  
Auflageelemente (34) am umlaufenden Rand (32) der Aussparung (30)  
derart angeordnet sind, dass sie sich an den Eckpunkten eines  
gleichschenkligen Dreiecks befinden.

### Zusammenfassung

- Die Erfindung offenbart einen Substrathalter (8), der zur Aufnahme eines Substrats (20) ausgebildet ist, und zur Bestimmung der Dickenabweichung eines Substrats von der Normdicke eines bestimmten Substrattyps
- 5 herangezogen werden kann. Der Substrathalter (8) besteht aus einem einstückigen Rahmen mit einer flachen Oberseite (42). Im Substrathalter (8) ist eine Aussparung (30) vorgesehen, die einen umlaufenden Rand (32) definiert. Am umlaufenden Rand (32) der Aussparung (30) sind Aufnahmeelemente (34) ausgeformt, auf denen Kugeln vorgesehen sind. Ein in den Substrathalter (8)
- 10 eingelegtes Substrat (20) kommt somit auf den Oberseiten der Kugeln zu liegen. Die Aufnahmeelemente (34) sind derart am umlaufenden Rand der Aussparung (30) angeordnet, dass sie auf den Eckpunkten eines gleichschenkligen Dreiecks liegen. Ferner ist der Abstand von der Oberseite der Kugel zur flachen Oberseite (42) des Substrathalters (8) derart bemessen,
- 15 dass dieser Abstand im Wesentlichen der Normdicke des verwendeten Substrats entspricht.

Fig. 2 soll veröffentlicht werden.



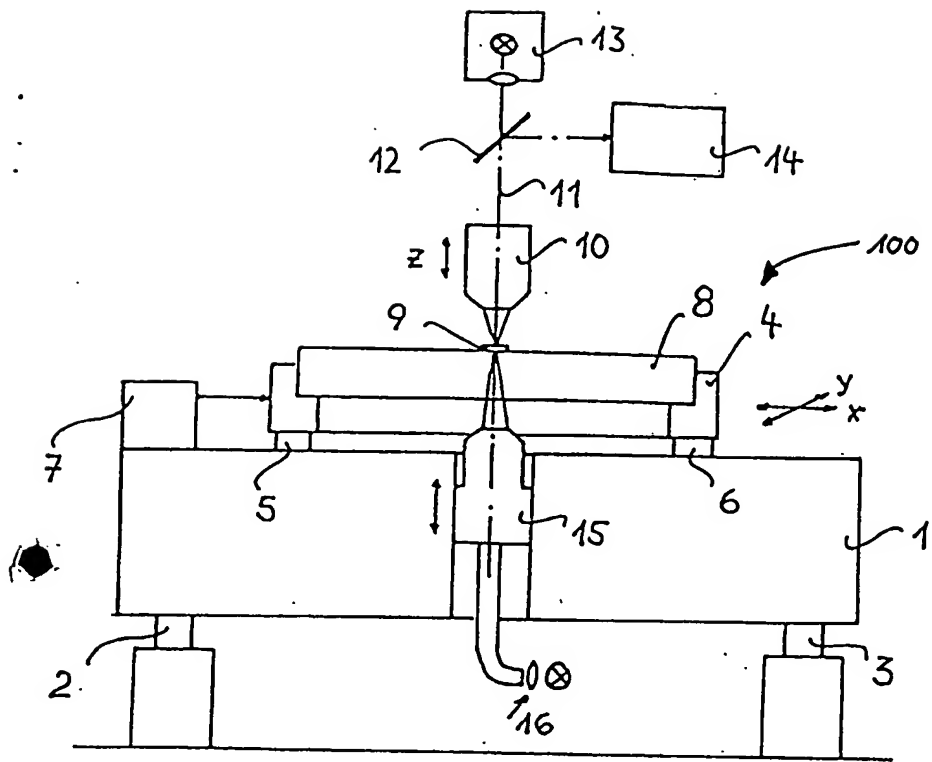


Fig 1

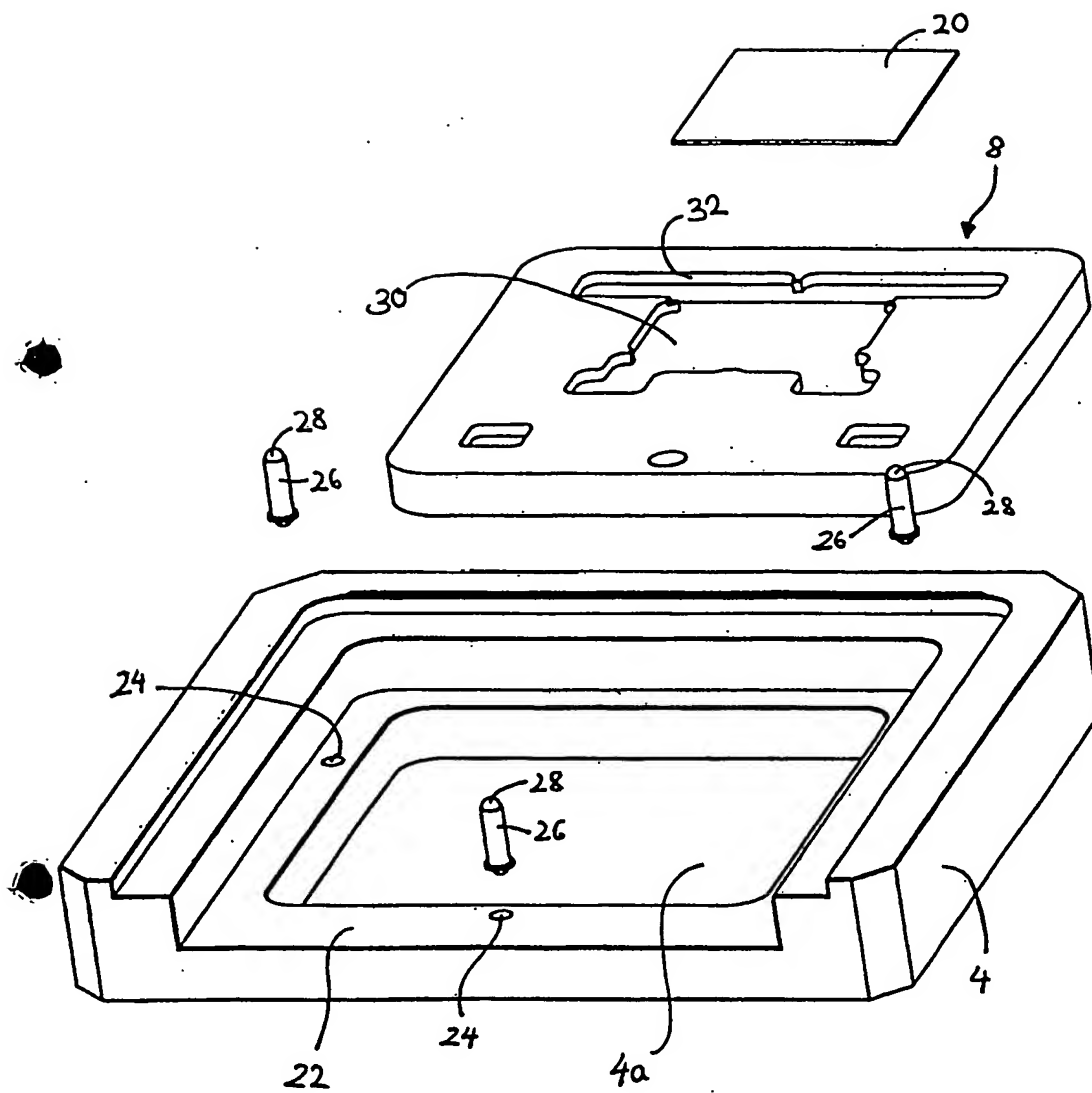
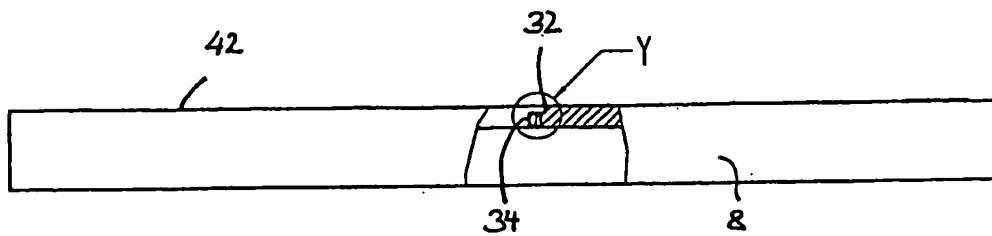
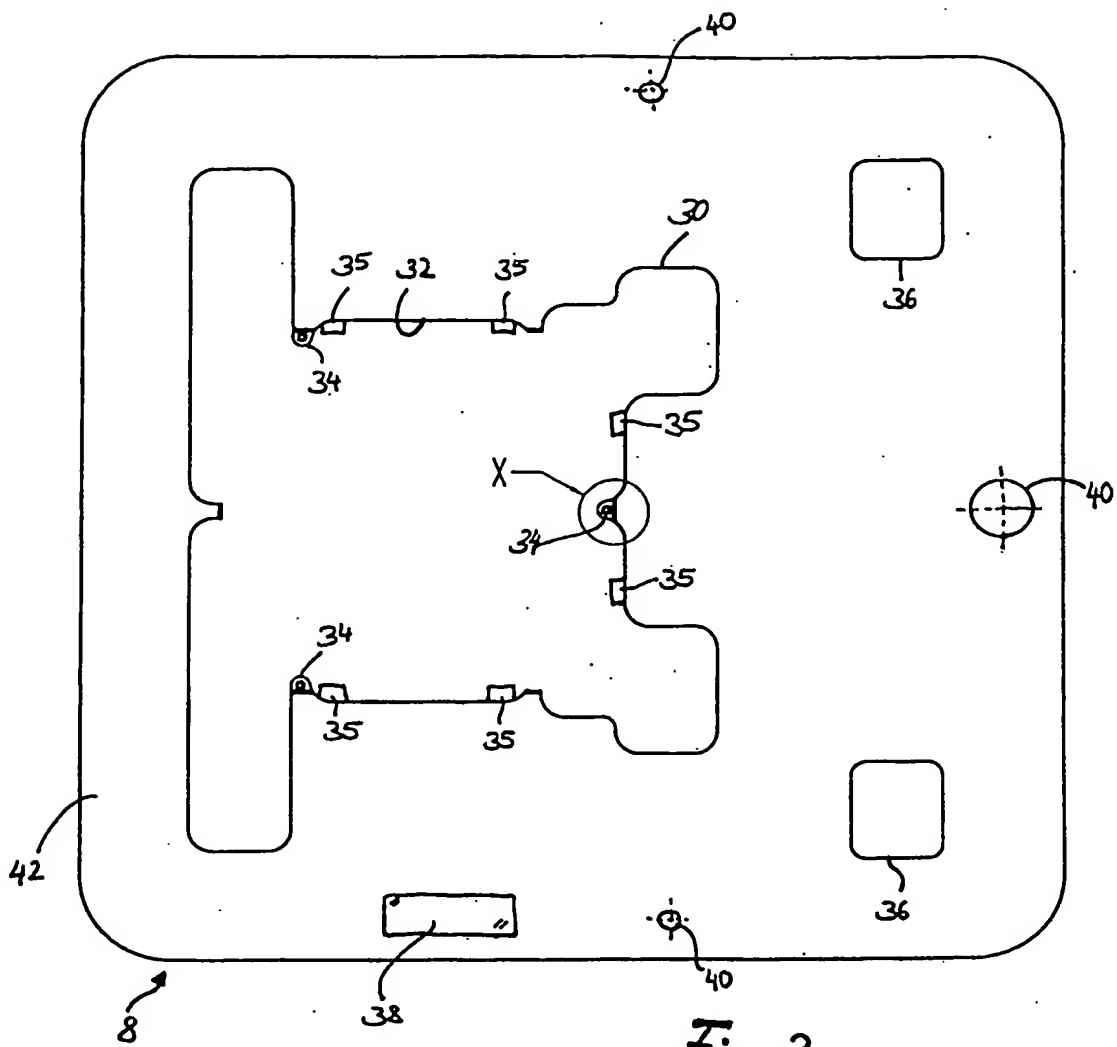


Fig. 2



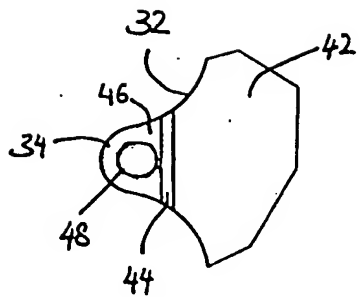


Fig. 5

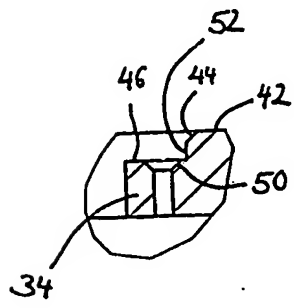


Fig. 6